

II - 6

平面断面流場の境界混合現象の可視化計測

東北工業大学 正員 ○ 相原 昭洋 正員 阿部 至雄
東北工業大学 正員 高橋 敏彦 正員 沼田 淳

1. はじめに

河道内に植生や灌木あるいは中州等が自然に形成された河道では、横断方向に粗度が異なるため洪水時には複断面流れと類似の流れ場となる。これらに関する研究はこれまで数多くなされ、流れ場の解析に二次元解析が適用し得る等の基本的な水理特性も次第に明らかにされつつある。本研究では、粗度係数の異なる抵抗板を配列して複断面河道を模擬した粗度断面と粗度断面上に植生モデルを局所的に配置した植生断面の場合の平面断面流れを対象とした流速の乱流計測をPTV可視化計測で試み、得られた結果と点計測を比較検討し、さらに、境界混合係数について検討を行った。

2. 実験方法

実験に用いた水路は長さ12m、幅0.6mの可変勾配型開水路を使用した。実験は、水路床に粗度係数の異なる抵抗板を横断方向に配置した粗度断面および粗度断面の高水数部に長さ2m、高さ $d=1.5\text{cm}$ のプラスチック製多孔質体の植生モデルを局所的に設置した植生断面の場合について表-1に示す条件の基で実施した。図-1にその配置の概要を示した。

流速の測定には、PTVによる可視化計測と超小型プッシュ流速計による点計測を併用した。流れの可視化は水路中央部の水路側方から水平方向にスリット光を照射して行い、CCDカメラで撮影し画像の蓄積を行った。PTVによる乱流計測は蓄積された画像から10sec間の画像を取り出し、current systemを用いて流速成分 u 、 w の時系列を求めた後、局所的時間平均流速、乱れ強度、Reynolds応力を得た。

3. 実験結果及び考察

図-2(a)、(b)に粗度断面と植生断面の横断平均流速分布を示した。図中の●印は点計測、○印は可視化計測の結果をそれぞれ示している。

同図(a)の粗度断面で得られた横断平均流速分布の計測結果についてみると、底面粗度の効果により平面断面流れが形成され複断面流れが模擬されている様子が分かる。また、PTVで計測された流速の値は点計測の結果と同程度の精度で計測されている事が分かる。しかし、同図(b)の植生断面の横断平均流速分布に見られるように、可視化計測で得られた測定結果は植生領域と主流部の境界付近でその精度は低下している。これらは、同図(a)の粗度断面に比べ植生断面では強い断面流れが生じ、流れはより三次元的になるため、可視化された平面でトレーサ粒子の沈降または浮上が生じ、トレーサ粒子の誤追跡が発生し精度が低下したものと考えられる。

表-1 実験条件

実験 CASE	h/d	b/B	流量 cm^3/s	水路勾配	断 面
A-1	1.2	0.4	1233	1/1000	粗度断面
A-2	1.8	0.4	2841	"	
A-3	1.2	0.8	1572	"	$n_m=0.013$
A-4	1.8	0.8	3464	"	$n_f=0.025$
B-1	1.4	0.4	2098	1/1000	植生断面
B-2	1.8	0.4	3701	"	
B-3	1.4	0.8	3647	"	$n_f=0.030$
B-4	1.8	0.8	4869	"	

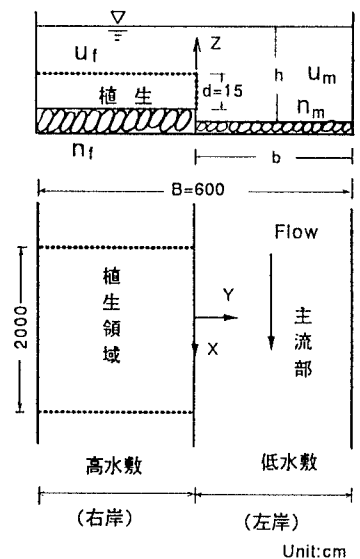


図-1 植生、粗度の配置

図-3にPTVで得られた $u'w'$ 応力の横断分布の一例を粗度断面の場合について示した。同図より $u'w'$ 応力は高水数中間から次第に増大し粗度境界で最大となり、主流部と高水数の間で水平混合の激しい事が分かる。また、その分布は横断方向に非対称な形を示し、粗度境界付近から高水数にかけての平面渦構造の存在が示唆される。

図-4は点計測して得られた横断平均流速分布を基に、山崎らと同様の方法で得られた境界混合係数 γ を高水数の平均流速 u_f と低水数の平均流速 u_m の比で示した。尚、同図は池田らが γ に関して従来の実験結果と経験式による値を示した図に、本実験で得られた γ の値を加えたものである。

図より粗度断面の γ の値は0.022~0.03と概ね山崎らの実験値と符合する。一方、水没植生断面では流速比による γ の変化は少なく、池田らの経験式の傾向から多少ズレが見られる。特に差異の大きい2点はいずれも $h/d=1.4$ の場合であり、植生からの被りの水深が小さい場合には粗度断面と類似の平面二次元的な流れとなる事と、さらに、流速比が0.4以下の既往の実験値は植生が水没しない場合の γ 値であり、本実験の様に植生が水没した場合に於いては横断方向への運動量の交換が活発になり、非水没植生の混合機構とは異なるため流速比に対する境界混合係数 γ は大きくなっていると考えられる。

4. あとがき

複断面流れを模擬した粗度断面と植生断面の流れ場の乱流計測をPTV可視化計測を行った結果、粗度断面に対しては、平面 π 断流の特徴である横断方向に非対称な $u'w'$ 応力や横断平均流速分布等が得られたが、植生断面の様な三次元性が帯びてくる流れ場に対するPTV可視化計測の適用は今後の課題として残った。また、水没植生断面の境界混合係数 γ は、既往の流速比に対する γ より大きな値となる事が分かった。

参考文献

- 1)山崎、石川、金丸:開水路平面 π 断流れに関する実験的研究, 土木学会第39回年講, 1984
- 2)池田、太田、長谷川:側岸部植生境界の周期渦の発生機構, 土木学会論文集No. 443, 1992

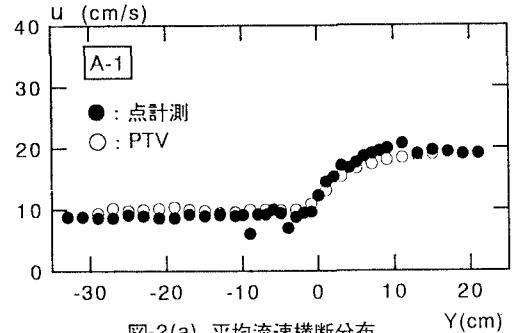


図-2(a) 平均流速横断分布

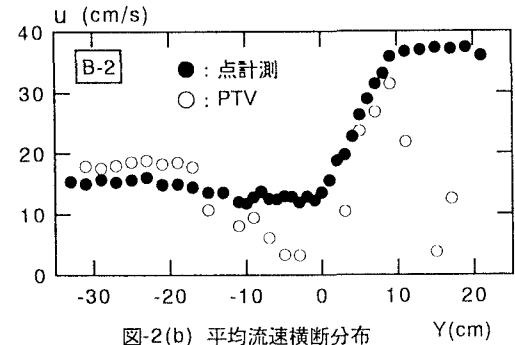


図-2(b) 平均流速横断分布

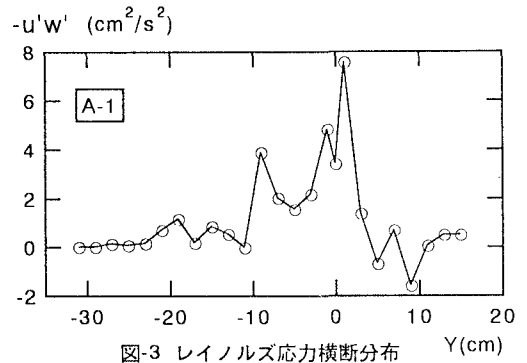


図-3 レイノルズ応力横断分布

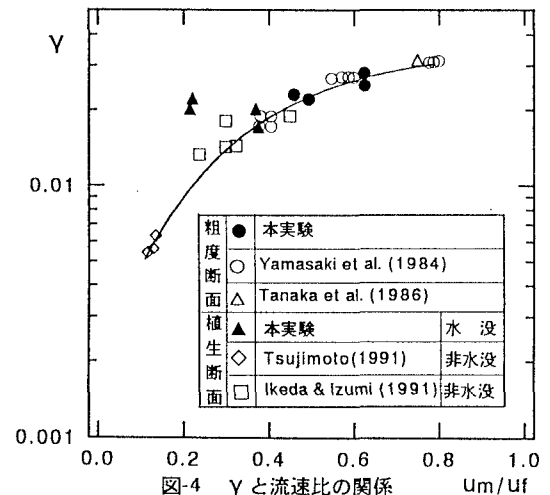


図-4 γ と流速比の関係